

Estimating the charge of batteries

Patent number: DE69227938T

Publication date: 1999-07-22

Inventor: ZINI GIANCARLO (IT); GIGLIOLI ROMANO (IT);
CONTE MARIO (IT)

Applicant: ENEA ENTE NUOVE TEC (IT)

Classification:

international: G01R31/36

European: G01R31/36M1; G01R31/36V1A

Application number: DE19926027938T; 19920318

Priority number(s): IT1991RM00176; 19910318

Also published as:

EP0505333 (A2)

EP0505333 (A3)

EP0505333 (B1)

IT1244942 (B)

Report a data error here

Abstract not available for DE69227938T

Abstract of corresponding document: EP0505333

An apparatus for continuously estimating the charge of electrochemical lead storage batteries includes data collection means for the measurement of battery voltage and current and the room temperature, a conditioning and conversion system for the signals from said data collection means, and a data processing system adapted to provide information and any control signals relative to all of battery operating parameters with reference to a predetermined dynamic model simulating the behavior of said battery. The dynamics of said model is corrected by error signals depending on the difference between the measured voltage and the voltage obtained from the model simulation in real time.

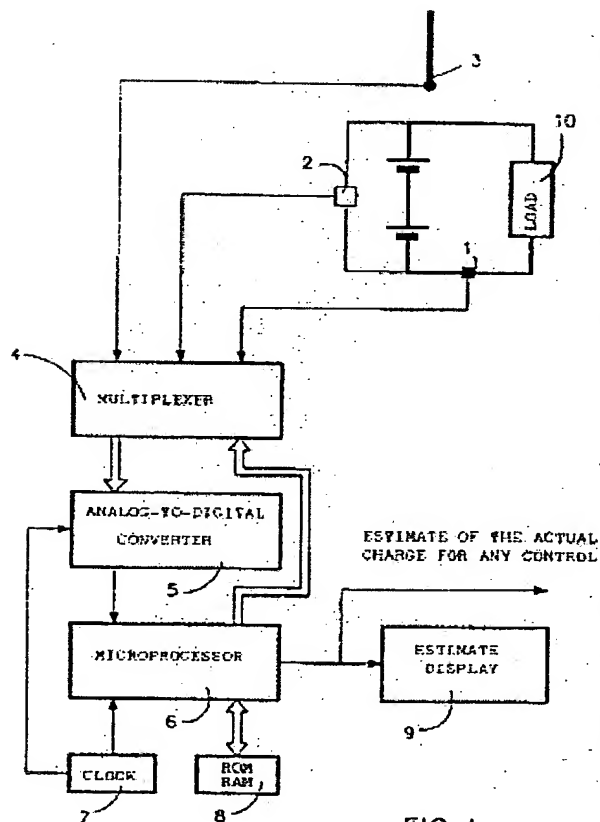


FIG.4

Data supplied from the *esp@cenet* database - Worldwide

Best Available Copy



①⑨ **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

①⑫ **Übersetzung der
europäischen Patentschrift**

⑤① Int. Cl.⁶:
G 01 R 31/36

⑧⑦ **EP 0 505 333 B 1**

①⑩ **DE 692 27 938 T 2**

- ②① Deutsches Aktenzeichen: 692 27 938.5
⑧⑥ Europäisches Aktenzeichen: 92 830 128.2
⑧⑥ Europäischer Anmeldetag: 18. 3. 92
⑧⑦ Erstveröffentlichung durch das EPA: 23. 9. 92
⑧⑦ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: 23. 12. 98
④⑦ Veröffentlichungstag im Patentblatt: 22. 7. 99

③⑩ Unionspriorität:
RM910176 18. 03. 91 IT

⑦③ Patentinhaber:
Ente per le Nuove Tecnologie, l'Energia e
l'Ambiente (E.N.E.A.), Rom/Roma, IT

⑦④ Vertreter:
PAe Reinhard, Skuhra, Weise & Partner, 80801
München

⑧④ Benannte Vertragsstaaten:
AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, LI, LU, MC, NL,
PT, SE

⑦⑦ Erfinder:
Zini, Giancarlo, I-56125 Pisa, IT; Giglioli, Romano,
I-56017 S. Giuliano Terme (Pisa), IT; Conte, Mario,
I-80070 Barano d'Ischia (Napoli), IT

⑤④ Schätzung der Ladung von Batterien

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

DE 692 27 938 T 2

DE 692 27 938 T 2

23.03.99

P10486

Europäische Patentanmeldung Nr. 92830128.2
Anmelder: Ente per le nuove tecnologie, l'energia e l'ambiente
(ENEA)

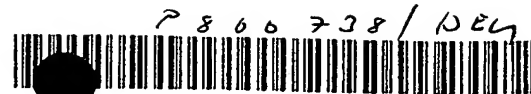
Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Bestimmung des Ladezustandes von elektrochemischen Säure-Speicherbatterien, basierend auf der direkten Messung einiger Parameter und deren Verwendung in einem geeigneten mathematischen Modell. Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zur Bestimmung des Ladezustandes von elektrochemischen Säure-Speicherbatterien.

Die Erfindung zielt darauf ab, eine Vorrichtung und ein Verfahren der oben genannten Art zu schaffen, die geeignet sind, die Kontrolle von elektrochemischen Speicherbatteriesystemen bei allen Hauptanwendungen und insbesondere bei elektrischen Antriebssystemen, elektrischen Netzwerken (Lastausgleich) sowie bei Photoelementsystemen und Äolischen Systemen zu verbessern.

Die Leistungsfähigkeit, Kosten und Zuverlässigkeit von elektrischen Fahrzeugen, Photoelement- und Äolischen Systemen und von Speicherbatteriesystemen im allgemeinen hängen von der Fähigkeit zur Steuerung bzw. Kontrolle der elektrischen Speicherbatterien ab.

Die genaue Bestimmung der Batterieladung kann einen ökonomischen und effektiveren Gebrauch der Batteriekapazität ermöglichen und die Batterieverwendung und die Batteriewiederaufladung anzeigen.

Eine Vielzahl von Batterielade-Indikatoren bzw. Anzeigegeräten wurden vorgeschlagen und hergestellt, insbesondere für Säure-Batterien, bei denen es sich um die am weitesten verbreiteten



⑬ **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ **Übersetzung der
europäischen Patentschrift**

⑤① Int. Cl.⁶:
G 01 R 31/36

⑧⑦ **EP 0 505 333 B 1**

⑩ **DE 692 27 938 T 2**

- ②① Deutsches Aktenzeichen: 692 27 938.5
⑧⑥ Europäisches Aktenzeichen: 92 830 128.2
⑧⑥ Europäischer Anmeldetag: 18. 3. 92
⑧⑦ Erstveröffentlichung durch das EPA: 23. 9. 92
⑧⑦ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: 23. 12. 98
④⑦ Veröffentlichungstag im Patentblatt: 22. 7. 99

- ③① Unionspriorität:
RM910176 18. 03. 91 IT
- ⑦③ Patentinhaber:
Ente per le Nuove Tecnologie, l'Energia e
l'Ambiente (E.N.E.A.), Rom/Roma, IT
- ⑦④ Vertreter:
PAe Reinhard, Skuhra, Weise & Partner, 80801
München
- ⑧④ Benannte Vertragsstaaten:
AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, LI, LU, MC, NL,
PT, SE

- ⑦⑦ Erfinder:
Zini, Giancarlo, I-56125 Pisa, IT; Giglioli, Romano,
I-56017 S. Giuliano Terme (Pisa), IT; Conte, Mario,
I-80070 Barano d'Ischia (Napoli), IT

- ⑤④ Schätzung der Ladung von Batterien

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

DE 692 27 938 T 2

DE 692 27 938 T 2

23.03.99

P10486

Europäische Patentanmeldung Nr. 92830128.2
Anmelder: Ente per le nuove tecnologie, l'energia e l'ambiente
(ENEA)

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Bestimmung des Ladezustandes von elektrochemischen Säure-Speicherbatterien, basierend auf der direkten Messung einiger Parameter und deren Verwendung in einem geeigneten mathematischen Modell. Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zur Bestimmung des Ladezustandes von elektrochemischen Säure-Speicherbatterien.

Die Erfindung zielt darauf ab, eine Vorrichtung und ein Verfahren der oben genannten Art zu schaffen, die geeignet sind, die Kontrolle von elektrochemischen Speicherbatteriesystemen bei allen Hauptanwendungen und insbesondere bei elektrischen Antriebssystemen, elektrischen Netzwerken (Lastausgleich) sowie bei Photoelementsystemen und Äolischen Systemen zu verbessern.

Die Leistungsfähigkeit, Kosten und Zuverlässigkeit von elektrischen Fahrzeugen, Photoelement- und Äolischen Systemen und von Speicherbatteriesystemen im allgemeinen hängen von der Fähigkeit zur Steuerung bzw. Kontrolle der elektrischen Speicherbatterien ab.

Die genaue Bestimmung der Batterieladung kann einen ökonomischen und effektiveren Gebrauch der Batteriekapazität ermöglichen und die Batterieverwendung und die Batteriewiederaufladung anzeigen.

Eine Vielzahl von Batterielade-Indikatoren bzw. Anzeigegeräten wurden vorgeschlagen und hergestellt, insbesondere für Säure-Batterien, bei denen es sich um die am weitesten verbreiteten

Batterien handelt. Die Vielzahl derartiger entworfener Vorrichtungen ist ebenfalls die Folge der Schwierigkeit bei der genauen Bestimmung der Batterieladung einer elektrochemischen Speicherbatterie aufgrund des Einflusses von unterschiedlichen Parametern, wie beispielsweise Entladungsbedingungen, Temperatur, Altern, Konstruktionstechnologie usw.

Beim derzeitigen Stand der Technik basieren die herkömmlichen Verfahren auf Messungen oder Berechnungen der Elektrolytdichte, der Leerlaufspannung, dem Innenwiderstand, dem Brechungsindex, der relativen Feuchtigkeit des Elektrolyten, der abgegebenen Ladung (Strommeßtechnik), der Aufladespannung sowie auf Ableitungen der Spannung. Die Genauigkeit derartiger bekannter Vorrichtungen ist typischerweise selten geringer als 10%, und deren Verwendung ist komplex und in der Anwendung begrenzt.

Die Messung der Dichte und des Brechungsindizes des Elektrolyten kann lediglich für Frei-Säure-Bleibatterien durchgeführt werden, wobei die Messung komplex und gefährlich ist, weil sie gelegentlich störende Sensoren als auch Ausgleichsbedingungen erfordern, die nicht für Echtzeitschätzungen geeignet sind. Darüber hinaus lassen derartige Methoden keine Veränderungen aufgrund des Alterungsprozesses der Speicherbatterien zu. Ähnlichen Beschränkungen begegnet man bei der Messung des Innenwiderstands und der Leerlaufspannung.

Bei dem Strommeßverfahren ist die Messung der Aufladespannung sowie der Ableitung der Spannung durch die Entladebedingungen stark eingeschränkt, so daß sie bei denjenigen Anwendungen ungenau ist, bei denen die Veränderung des Entladestroms nicht vernachlässigbar ist. Derartige Verfahren berücksichtigen kaum den Alterungsprozeß der Speicherbatterie.

Zur Überwindung dieser Probleme sind seit geraumer Zeit Batterieladeindikatoren bzw. Batterielade-Anzeigevorrichtungen bekannt, die analoge Schaltkreise benutzen und die Batteriela-

23.03.99

- 3 -

dung auf der Grundlage komplexer Korrelationen zwischen den Hauptparametern aufgrund linearer und differentieller Gleichungen berechnen.

Bei den verwendeten Verfahren handelt es sich im wesentlichen um zwei verschiedene Arten, nämlich algebraische und dynamische Verfahren. Algebraische Verfahren sind ziemlich ungenau, während dynamische Verfahren, welche den gemessenen Batteriestrom integrieren, ein periodisches Auf-Null-Einstellen der geschätzten Batteriespannung erforderlich machen, um Langzeitfehler zu vermeiden. Darüber hinaus ist die erfaßte bzw. geschätzte Batteriespannung sehr empfindlich gegenüber Fehlern bei der Strommessung.

Ein Spannungsindikator bzw. eine Spannungsanzeigevorrichtung, die für einen zyklischen Betrieb geeignet ist, ist in dem US-Patent 4,390,841 beschrieben. Ein mathematisches Batteriemodell bildet die Grundlage für die Vorhersage einer Kapazität, ausgehend von Messungen des Entladestroms und abgespeicherter Batterieparameter. Eine Selbsteichung bzw. Selbstkalibrierung, welche die sich verändernden Batterieeigenschaften aufgrund des Alterungsprozesses und der Auflade/Entlade-Geschichte berücksichtigt, wird ausgeführt, indem man die vorausgesagte bzw. berechnete Batteriespannung mit der tatsächlichen Batteriespannung vergleicht und das mathematische Modell dementsprechend korrigiert.

Aus der WO 89/01169 ist ein verbessertes mathematisches Modell bekannt, welches den Sekundärzweigstrom innerhalb der Batterie berücksichtigt. Jedoch wird der Sekundärzweigstrom "off line" berechnet und dann von dem Strom an dem Batteriepol-Anschluß subtrahiert.

Die vorliegende Erfindung führt die Schätzung bzw. Berechnung der Batterieladung mit Hilfe eines ausgereifteren dynamischen Verfahrens aus, welches keine Nullabgleichung erfordert, weniger empfindlich gegenüber Fehlern bei der Strommessung ist und

Batterien handelt. Die Vielzahl derartiger entworfener Vorrichtungen ist ebenfalls die Folge der Schwierigkeit bei der genauen Bestimmung der Batterieladung einer elektrochemischen Speicherbatterie aufgrund des Einflusses von unterschiedlichen Parametern, wie beispielsweise Entladungsbedingungen, Temperatur, Altern, Konstruktionstechnologie usw.

Beim derzeitigen Stand der Technik basieren die herkömmlichen Verfahren auf Messungen oder Berechnungen der Elektrolytdichte, der Leerlaufspannung, dem Innenwiderstand, dem Brechungsindex, der relativen Feuchtigkeit des Elektrolyten, der abgegebenen Ladung (Strommeßtechnik), der Aufladespannung sowie auf Ableitungen der Spannung. Die Genauigkeit derartiger bekannter Vorrichtungen ist typischerweise selten geringer als 10%, und deren Verwendung ist komplex und in der Anwendung begrenzt.

Die Messung der Dichte und des Brechungsindex des Elektrolyten kann lediglich für Frei-Säure-Bleibatterien durchgeführt werden, wobei die Messung komplex und gefährlich ist, weil sie gelegentlich störende Sensoren als auch Ausgleichsbedingungen erfordern, die nicht für Echtzeitschätzungen geeignet sind. Darüber hinaus lassen derartige Methoden keine Veränderungen aufgrund des Alterungsprozesses der Speicherbatterien zu. Ähnlichen Beschränkungen begegnet man bei der Messung des Innenwiderstands und der Leerlaufspannung.

Bei dem Strommeßverfahren ist die Messung der Aufladespannung sowie der Ableitung der Spannung durch die Entladebedingungen stark eingeschränkt, so daß sie bei denjenigen Anwendungen ungenau ist, bei denen die Veränderung des Entladestroms nicht vernachlässigbar ist. Derartige Verfahren berücksichtigen kaum den Alterungsprozeß der Speicherbatterie.

Zur Überwindung dieser Probleme sind seit geraumer Zeit Batterieladeindikatoren bzw. Batterielade-Anzeigevorrichtungen bekannt, die analoge Schaltkreise benutzen und die Batteriela-

dung auf der Grundlage komplexer Korrelationen zwischen den Hauptparametern aufgrund linearer und differentieller Gleichungen berechnen.

Bei den verwendeten Verfahren handelt es sich im wesentlichen um zwei verschiedene Arten, nämlich algebraische und dynamische Verfahren. Algebraische Verfahren sind ziemlich ungenau, während dynamische Verfahren, welche den gemessenen Batteriestrom integrieren, ein periodisches Auf-Null-Einstellen der geschätzten Batteriespannung erforderlich machen, um Langzeitfehler zu vermeiden. Darüber hinaus ist die erfaßte bzw. geschätzte Batteriespannung sehr empfindlich gegenüber Fehlern bei der Strommessung.

Ein Spannungsindikator bzw. eine Spannungsanzeigevorrichtung, die für einen zyklischen Betrieb geeignet ist, ist in dem US-Patent 4,390,841 beschrieben. Ein mathematisches Batteriemodell bildet die Grundlage für die Vorhersage einer Kapazität, ausgehend von Messungen des Entladestroms und abgespeicherter Batterieparameter. Eine Selbsteichung bzw. Selbstkalibrierung, welche die sich verändernden Batterieeigenschaften aufgrund des Alterungsprozesses und der Auflade/Entlade-Geschichte berücksichtigt, wird ausgeführt, indem man die vorausgesagte bzw. berechnete Batteriespannung mit der tatsächlichen Batteriespannung vergleicht und das mathematische Modell dementsprechend korrigiert.

Aus der WO 89/01169 ist ein verbessertes mathematisches Modell bekannt, welches den Sekundärzweigstrom innerhalb der Batterie berücksichtigt. Jedoch wird der Sekundärzweigstrom "off line" berechnet und dann von dem Strom an dem Batteriepol-Anschluß subtrahiert.

Die vorliegende Erfindung führt die Schätzung bzw. Berechnung der Batterieladung mit Hilfe eines ausgereifteren dynamischen Verfahrens aus, welches keine Nullabgleichung erfordert, weniger empfindlich gegenüber Fehlern bei der Strommessung ist und

alle auftretenden Phänomene beim Verhalten der Batterie berücksichtigt.

Die Vorrichtung gemäß der Erfindung basiert auf einem mathematischen Modell, das eine äquivalente Ersatzschaltung der Bleisäurebatterie während des Aufladens, des Entladens und beim Kochen bzw. Vergasen simuliert. Indem lediglich der Batteriestrom und die Spannung sowie die Raumtemperatur direkt gemessen werden, ermöglicht es die Vorrichtung, die Batteriespannung genau zu messen, und eröffnet die Möglichkeit, eine Kontroll- bzw. Steuerfunktion durchzuführen.

Ein besonderes Merkmal der Vorrichtung besteht darin, daß die Speicherbatterie on-line angeordnet ist und das mathematische Modell auf den tatsächlichen Zustand der Speicherbatterie selbst während der Betriebslebenszeit der Batterie paßt, unter der Annahme, daß der Sekundärzweigstrom eine Funktion des dynamischen Verhaltens des Batteriesystems ist.

Eine derartige Vorrichtung des "autoadaptiven" bzw. selbstanpassenden Typs erlaubt es auch, Betriebsbedingungen zu verbessern bzw. zu korrigieren und diese zu jedem Zeitpunkt während der Betriebszeit der Speicherbatterie zu kontrollieren bzw. zu überwachen, wodurch die Genauigkeit der Ladungsmessung stetig beibehalten wird, wobei dies auch aufgrund geeigneter Fehlerkorrigiersequenzen geschieht, die eine oder mehrere bedeutende Größen (Spannung, Temperatur, Strom) berücksichtigen.

Die Erfindung wird nunmehr unter Bezugnahme auf die beigelegten Zeichnungen beschrieben, welche beispielhaft und nicht einschränkend eine bevorzugte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigen.

Es zeigen:

Fig. 1 ein Blockdiagramm des Arbeitsprinzips der Speicherbatterie-Ladeermittlungsvorrichtung gemäß der vor-

liegenden Erfindung;

- Fig. 2 ein Ersatzschaltkreisdiagramm einer Blei-Speicherbatterie gemäß dem verwendeten Modell;
- Fig. 3 ein komplettes Blockdiagramm der Batterielade-Ermittlungsvorrichtung, welches sowohl die gemessenen als auch die ermittelten Größen in dem Vorgang darstellt;
- Fig. 4 ein Blockdiagramm einer Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung;
- Fig. 5 ein Flußdiagramm des mathematischen Modells für die Batterieparameter und die Ladungsermittlung;
- Fig. 6 eine Anwendung der erfindungsgemäßen Vorrichtung für ein Photoelementsystm; und
- Fig. 7 ein Flußdiagramm des Betriebs der in Fig. 6 gezeigten Berechnungs- und Steuereinheit.

Die Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung enthält im wesentlichen:

- a) Wandler zur Messung des Batteriestroms, der Spannung und der Raumtemperatur an demjenigen Ort, an dem sich die Speicherbatterie befindet;
- b) ein Konditionier- und Analog/Digital-Wandlersystem für von den Sensoren ausgehende Signale;
- c) ein Mikroprozessorsystem, welches die bei a) und b) auftretenden Signale durch das Computerprogramm in Gliederungspunkt e) verarbeitet;
- d) eine Stromversorgung für die in b) und c) genannten Sy-

alle auftretenden Phänomene beim Verhalten der Batterie berücksichtigt.

Die Vorrichtung gemäß der Erfindung basiert auf einem mathematischen Modell, das eine äquivalente Ersatzschaltung der Bleisäurebatterie während des Aufladens, des Entladens und beim Kochen bzw. Vergasen simuliert. Indem lediglich der Batteriestrom und die Spannung sowie die Raumtemperatur direkt gemessen werden, ermöglicht es die Vorrichtung, die Batteriespannung genau zu messen, und eröffnet die Möglichkeit, eine Kontroll- bzw. Steuerfunktion durchzuführen.

Ein besonderes Merkmal der Vorrichtung besteht darin, daß die Speicherbatterie on-line angeordnet ist und das mathematische Modell auf den tatsächlichen Zustand der Speicherbatterie selbst während der Betriebslebenszeit der Batterie paßt, unter der Annahme, daß der Sekundärzweigstrom eine Funktion des dynamischen Verhaltens des Batteriesystems ist.

Eine derartige Vorrichtung des "autoadaptiven" bzw. selbstanpassenden Typs erlaubt es auch, Betriebsbedingungen zu verbessern bzw. zu korrigieren und diese zu jedem Zeitpunkt während der Betriebszeit der Speicherbatterie zu kontrollieren bzw. zu überwachen, wodurch die Genauigkeit der Ladungsmessung stetig beibehalten wird, wobei dies auch aufgrund geeigneter Fehlerkorrigiersequenzen geschieht, die eine oder mehrere bedeutende Größen (Spannung, Temperatur, Strom) berücksichtigen.

Die Erfindung wird nunmehr unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen beschrieben, welche beispielhaft und nicht einschränkend eine bevorzugte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigen.

Es zeigen:

Fig. 1 ein Blockdiagramm des Arbeitsprinzips der Speicherbatterie-Ladeermittlungsvorrichtung gemäß der vor-

23.03.99

- 5 -

liegenden Erfindung;

- Fig. 2 ein Ersatzschaltkreisdiagramm einer Blei-Speicher-
batterie gemäß dem verwendeten Modell;
- Fig. 3 ein komplettes Blockdiagramm der Batterielade-Er-
mittlungsvorrichtung, welches sowohl die gemessenen
als auch die ermittelten Größen in dem Vorgang dar-
stellt;
- Fig. 4 ein Blockdiagramm einer Ausführungsform der erfin-
dungsgemäßen Vorrichtung;
- Fig. 5 ein Flußdiagramm des mathematischen Modells für die
Batterieparameter und die Ladungsermittlung;
- Fig. 6 eine Anwendung der erfindungsgemäßen Vorrichtung für
ein Photoelementsystm; und
- Fig. 7 ein Flußdiagramm des Betriebs der in Fig. 6 gezeig-
ten Berechnungs- und Steuereinheit.

Die Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung enthält im
wesentlichen:

- a) Wandler zur Messung des Batteriestroms, der Spannung und
der Raumtemperatur an demjenigen Ort, an dem sich die
Speicherbatterie befindet;
- b) ein Konditionier- und Analog/Digital-Wandlersystem für
von den Sensoren ausgehende Signale;
- c) ein Mikroprozessorsystem, welches die bei a) und b) auf-
tretenden Signale durch das Computerprogramm in Gliede-
rungspunkt e) verarbeitet;
- d) eine Stromversorgung für die in b) und c) genannten Sy-

steme, die durch eine Stromversorgungskonditioniereinrichtung gebildet wird, die ihrerseits durch die Speicherbatterie versorgt wird; und

- e) ein Programm zur Verarbeitung von Datensignalen des Gliederungspunkts a) und b), wobei das Programm folgendes liefert:
1. eine Schätzung bzw. Berechnung der Speicherbatterieladung und der Innentemperatur der Speicherbatterie;
 2. eine Schätzung bzw. Berechnung des Speicherbatterie-"Lebens"-Zustandes;
 3. eine Einschätzung bzw. Berechnung des Elektrolytpegels in denjenigen Speicherbatterien, bei denen der Elektrolyt aufgrund sekundärer (parasitärer) Verbindungen verbraucht wird;
 4. eine Signalinformation zur Steuerung der Stromversorgung gemäß dem obigen Gliederungspunkt d);
 5. eine Signalinformation zur Steuerung beliebiger Stromkonditioniereinrichtungen, wie beispielsweise Batterieaufladern, gesteuerten Gleichrichtern, Choppern bzw. Zerkern, Invertiereinrichtungen usw.;
 6. eine Signalinformation bezüglich jedes beliebigen ausgefallenen Bauelements der Speicherbatterie.

Eine bevorzugte Ausführungsform der oben genannten Vorrichtung ist in Fig. 4 schematisch dargestellt. In dieser Figur werden die Batteriestromsensoren, die Batteriespannungssensoren und die Raumtemperaturen jeweils durch die Bezugszeichen 1, 2 und 3 bezeichnet. Ein Multiplexer, welcher stromaufwärts an dem Analog-/Digitalwandler 5 für die Meßgrößen angeschlossen ist, wird durch das Bezugszeichen 4 wiedergegeben. Die Meßgrößen

werden dem Mikroprozessor 6 zugeführt, welcher die Signale auf der Grundlage des Berechnungsprogramms, das in RAMs und ROMs 8 abgespeichert ist, verarbeitet bzw. auswertet und die berechneten Werte an eine digitale Anzeige 9 und/oder einen Ausgang 10 überträgt, welcher für Steuervorrichtungen zugänglich ist. Ein Systemtaktgeber ist mit dem Bezugszeichen 7 dargestellt.

Die Batterieladeberechnungsvorrichtung wurde auf der Grundlage des Batteriemodells entwickelt, welches in dem Ersatzschaltungsdiagramm in Fig. 2 dargestellt ist.

Das elektrische Ersatznetzwerk-Schaltungsdiagramm besteht aus zwei Zweigen:

- einem Hauptzweig (P), welches die hauptsächliche reversible bzw. umkehrbare Oxidations-/Reduktionsreaktion während der Auflade-/Entladeschritte wiedergibt;
- einem Sekundärzweig (S), welcher irreversible bzw. nicht umkehrbare parasitäre Reaktionen (wobei der wichtigste die Wasser-Elektrolyse ist) wiedergibt, welche die Verluste während des Aufladeschritts hervorrufen.

Die in Fig. 2 gezeigten Komponenten sind derart ausgelegt, daß sie den Einfluß der Temperatur und des Alters der Batterie berücksichtigen. Darüber hinaus erlaubt das thermische Gleichgewicht keinen thermodynamischen Beitrag der Reaktionen während des Auflades und des Entladens, welcher viel geringer ist als die Verluste aufgrund des Joule-Effektes.

Da die Speicherbatterie ein elektrischer Dipol ist, kann es in ein nichtlineares, dynamisches Modellsystem transformiert werden, das einen Strom als Eingangssignal und eine Spannung als Ausgangssignal besitzt.

Die Zustandsvariablen eines derartigen Systems können wie folgt ausgewählt werden:

steme, die durch eine Stromversorgungskonditioniereinrichtung gebildet wird, die ihrerseits durch die Speicherbatterie versorgt wird; und

- e) ein Programm zur Verarbeitung von Datensignalen des Gliederungspunkts a) und b), wobei das Programm folgendes liefert:
1. eine Schätzung bzw. Berechnung der Speicherbatterieladung und der Innentemperatur der Speicherbatterie;
 2. eine Schätzung bzw. Berechnung des Speicherbatterie-"Lebens"-Zustandes;
 3. eine Einschätzung bzw. Berechnung des Elektrolytpegels in denjenigen Speicherbatterien, bei denen der Elektrolyt aufgrund sekundärer (parasitärer) Verbindungen verbraucht wird;
 4. eine Signalinformation zur Steuerung der Stromversorgung gemäß dem obigen Gliederungspunkt d);
 5. eine Signalinformation zur Steuerung beliebiger Stromkonditioniereinrichtungen, wie beispielsweise Batterieaufladern, gesteuerten Gleichrichtern, Choppern bzw. Zerrhakern, Invertiereinrichtungen usw.;
 6. eine Signalinformation bezüglich jedes beliebigen ausgefallenen Bauelements der Speicherbatterie.

Eine bevorzugte Ausführungsform der oben genannten Vorrichtung ist in Fig. 4 schematisch dargestellt. In dieser Figur werden die Batteriestromsensoren, die Batteriespannungssensoren und die Raumtemperaturen jeweils durch die Bezugszeichen 1, 2 und 3 bezeichnet. Ein Multiplexer, welcher stromaufwärts an dem Analog-/Digitalwandler 5 für die Meßgrößen angeschlossen ist, wird durch das Bezugszeichen 4 wiedergegeben. Die Meßgrößen

werden dem Mikroprozessor 6 zugeführt, welcher die Signale auf der Grundlage des Berechnungsprogramms, das in RAMs und ROMs 8 abgespeichert ist, verarbeitet bzw. auswertet und die berechneten Werte an eine digitale Anzeige 9 und/oder einen Ausgang 10 überträgt, welcher für Steuervorrichtungen zugänglich ist. Ein Systemtaktgeber ist mit dem Bezugszeichen 7 dargestellt.

Die Batterieladeberechnungsvorrichtung wurde auf der Grundlage des Batteriemodells entwickelt, welches in dem Ersatzschaltungsdiagramm in Fig. 2 dargestellt ist.

Das elektrische Ersatznetzwerk-Schaltungsdiagramm besteht aus zwei Zweigen:

- einem Hauptzweig (P), welches die hauptsächliche reversible bzw. umkehrbare Oxidations-/Reduktionsreaktion während der Auflade-/Entladeschritte wiedergibt;
- einem Sekundärzweig (S), welcher irreversible bzw. nicht umkehrbare parasitäre Reaktionen (wobei der wichtigste die Wasser-Elektrolyse ist) wiedergibt, welche die Verluste während des Aufladeschritts hervorrufen.

Die in Fig. 2 gezeigten Komponenten sind derart ausgelegt, daß sie den Einfluß der Temperatur und des Alters der Batterie berücksichtigen. Darüber hinaus erlaubt das thermische Gleichgewicht keinen thermodynamischen Beitrag der Reaktionen während des Auflades und des Entladens, welcher viel geringer ist als die Verluste aufgrund des Joule-Effektes.

Da die Speicherbatterie ein elektrischer Dipol ist, kann es in ein nichtlineares, dynamisches Modellsystem transformiert werden, das einen Strom als Eingangssignal und eine Spannung als Ausgangssignal besitzt.

Die Zustandsvariablen eines derartigen Systems können wie folgt ausgewählt werden:

Q (Ah): extrahierte elektrische Ladung (bei der es sich um die Ladung handelt, welche zum völligen Wiederaufladen der Batterie benötigt wird);

$\delta\theta$ ($^{\circ}\text{C}$): Unterschied zwischen der Elektrolyt- und der Raumtemperatur;

I_d (A) und I_w (A): "Ladungsübertragungs"-Strom und "Diffusions"-Strom.

Unter Bezugnahme auf derartige Zustandsvariablen und auf das in Fig. 2 gezeigte Modell kann das Batteriemodell mit Hilfe der folgenden Gleichungen ausgedrückt werden:

Dynamische Gleichungen

$$\frac{dI_d}{dt} = \frac{1}{\tau_d} (I_p - I_d)$$

$$\frac{dI_w}{dt} = \frac{1}{\tau_w} (I_d - I_w)$$

$$\frac{d\delta\theta}{dt} = \frac{1}{\tau} (P_1 R_9 - \delta\theta)$$

$$\frac{dQ}{dt} = -I_r$$

Algebraische Gleichungen

$$V_{AB} - R_p I_p - R_w I_w - E_p = 0$$

$$I_s - G_s V_{AB} = 0$$

$$I - I_p - I_s = 0$$

$$P_1 - R_p I_p^2 - R_d I_d^2 - R_w I_w^2 - (V_{AB} - E_p) I_s = 0$$

$$\theta - \theta_u - \delta\theta = 0$$

TABELLE 1

Variablen- symbol	Variablenname	Meßeinheit
I	Batteriestrom	A
I_d	Ladungsübertragungsstrom	A
I_w	Diffusionsstrom	A
I_p	Hauptzweigstrom	A
I_s	Sekundärzweigstrom	A

23.03.99

- 9 -

R_a	Ladungsübertragungswiderstand	Ω
R_w	Diffusionswiderstand	Ω
R_p	Polarisationswiderstand	Ω
G_a	Vergasungsleitfähigkeit	S
t_a	Ladungsübertragungszeitkonstante	s
t_w	Diffusionszeitkonstante	s
θ	Elektrolytttemperatur	°C
θ_a	Raumtemperatur	°C
Q	berechnete Ladung	Ah
P_1	Leistungsverlust	W
V_{AB}	Batterieanschlußspannung	V
E_a	vergasungs-elektromotorische Spannung	V

Der Betrieb der Speicherbatterie-Ladungsberechnungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung ist schematisch in Fig. 1 dargestellt.

Das dynamische Modell der Speicherbatterie wird durch den Batterie-Eingangstrom aktiviert und erfordert lediglich die Messung der Batteriespannung und der Raumtemperatur. Mit einem perfekten Modell und geeigneten Anfangswerten der Batterieladung tritt kein Fehler bei der Ladungsberechnung auf. Die unvermeidlichen Fehler in dem Modell und in den Anfangsladungswerten führen jedoch zu einem unverhersehbaren Fehler bei der berechneten bzw. geschätzten Ladung Q .

Um derartige Fehler zu begrenzen, wird das dynamische Verhaltensmodell entsprechend der Erfindung durch die negative Rückkopplung des differentiellen Fehlers bzw. der Abweichung zwischen der gemessenen Spannung und der berechneten Spannung korrigiert. Der Abweichungsbetrag hat seine Ursache in dem falschen Wert der Anfangsladung, wobei dies einen Fehler bzw. eine Abweichung bei der Ausgangsspannung in dem Modell hervorruft, wobei die Modellparameter durch einen separaten Prozeß

Q (Ah): extrahierte elektrische Ladung (bei der es sich um die Ladung handelt, welche zum völligen Wiederaufladen der Batterie benötigt wird);

$\delta\theta$ ($^{\circ}\text{C}$): Unterschied zwischen der Elektrolyt- und der Raumtemperatur;

I_d (A) und I_w (A): "Ladungsübertragungs"-Strom und "Diffusions"-Strom.

Unter Bezugnahme auf derartige Zustandsvariablen und auf das in Fig. 2 gezeigte Modell kann das Batteriemodell mit Hilfe der folgenden Gleichungen ausgedrückt werden:

Dynamische Gleichungen

$$\frac{dI_d}{dt} = \frac{1}{t_d}(I_p - I_d)$$

$$\frac{dI_w}{dt} = \frac{1}{t_w}(I_d - I_w)$$

$$\frac{d\delta\theta}{dt} = \frac{1}{t} (P_1 R_g - \delta\theta)$$

$$\frac{dQ}{dt} = -I_p$$

Algebraische Gleichungen

$$V_{AB} - R_p I_p - R_w I_w - E_p = 0$$

$$I_s - G_s V_{AB} = 0$$

$$I - I_p - I_s = 0$$

$$P_1 - R_p I_p^2 - R_d I_d^2 - R_w I_w^2 - (V_{AB} - E_p) I_s = 0$$

$$\theta - \theta_a - \delta\theta = 0$$

TABELLE 1

Variablen- symbol	Variablenname	Meßeinheit
I	Batteriestrom	A
I_d	Ladungsübertragungsstrom	A
I_w	Diffusionsstrom	A
I_p	Hauptzweigstrom	A
I_s	Sekundärzweigstrom	A

23.03.99

- 9 -

R_a	Ladungsübertragungswiderstand	Ω
R_w	Diffusionswiderstand	Ω
R_p	Polarisationswiderstand	Ω
G_a	Vergasungsleitfähigkeit	S
t_a	Ladungsübertragungszeitkonstante	s
t_w	Diffusionszeitkonstante	s
θ	Elektrolyttemperatur	$^{\circ}\text{C}$
θ_a	Raumtemperatur	$^{\circ}\text{C}$
Q	berechnete Ladung	Ah
P_1	Leistungsverlust	W
V_{AB}	Batterieanschlußspannung	V
E_a	vergasungs-elektromotorische Spannung	V

Der Betrieb der Speicherbatterie-Ladungsberechnungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung ist schematisch in Fig. 1 dargestellt.

Das dynamische Modell der Speicherbatterie wird durch den Batterie-Eingangstrom aktiviert und erfordert lediglich die Messung der Batteriespannung und der Raumtemperatur. Mit einem perfekten Modell und geeigneten Anfangswerten der Batterieladung tritt kein Fehler bei der Ladungsberechnung auf. Die unvermeidlichen Fehler in dem Modell und in den Anfangsladungswerten führen jedoch zu einem unverhersehbaren Fehler bei der berechneten bzw. geschätzten Ladung Q .

Um derartige Fehler zu begrenzen, wird das dynamische Verhaltensmodell entsprechend der Erfindung durch die negative Rückkopplung des differentiellen Fehlers bzw. der Abweichung zwischen der gemessenen Spannung und der berechneten Spannung korrigiert. Der Abweichungsbetrag hat seine Ursache in dem falschen Wert der Anfangsladung, wobei dies einen Fehler bzw. eine Abweichung bei der Ausgangsspannung in dem Modell hervorruft, wobei die Modellparameter durch einen separaten Prozeß

geschätzt werden. Die Spannungsabweichung wird dazu verwendet, die Ableitung bzw. das Derivativ der Modellladung zu modifizieren. Auf diese Weise konvergiert die berechnete Ladung asymptotisch auf einen Wert, welcher die Spannungsabweichung dazu bringt, gegen null zu tendieren.

Fig. 3 zeigt das vollständige Blockdiagramm der Batterieladeberechnungsvorrichtung, bei der sowohl die gemessenen Größen als auch die berechneten bzw. geschätzten Größen in dem Prozeß hervorgehoben sind. Die gestrichelten Blöcke stellen jeweils Folgendes dar:

- Block A: ein Meß- und Analog/Digital-Wandlersystem;
 - Block B: ein Off-line-Batterieparametermeßsystem;
 - Block C: ein Batterieladungsmeßsystem, welches eine Spannungsabweichung zuläßt;
 - Block D: Integration der dynamischen Gleichungen, welches die Kapazitäten des Batteriemodells und der thermischen Gleichung zuläßt;
 - Block E: Ausgang der berechneten Größen; wobei:
- T_d = die schnelle Zeitkonstante der elektrischen Dynamik der Batterie;
 - T_v = die langsame Zeitkonstante der elektrischen Dynamik der Batterie;
 - T = thermische Zeitkonstante;
 - $G_s(V_{AB}, \Theta)$ = die Leitfähigkeit des passiven Zweiges;
 - $R_p(Q, \Theta)$ = Ohmsche Widerstandsleitfähigkeit des aktiven Zweiges;
 - $R_d(Q, I_d, \Theta)$ = der Diffusionswiderstand;
 - $R_v(Q, I_v, \Theta)$ = der Polarisationswiderstand.

Die Gleichung der gewonnenen Ladungsveränderung lautet insbesondere wie folgt:

$$\frac{d\hat{Q}}{dt} = -\hat{I}_p - K_v(\hat{V}_{AB} - V_{AB})$$

wobei die mit dem Zeichen $\hat{}$ überschriebenen Größen durch das Batteriemodell geschätzt sind und K_v die Verstärkung der Span-

nungsabweichung bzw. des Spannungsfehlers ist. Falls die Spannungen in Volt (V) und die Ströme in Ampere (A) ausgedrückt sind, wird K , offensichtlich in A/V ausgedrückt. Bezüglich der Abweichungsreaktion werden die folgenden Überlegungen hervorgehoben:

- 1) Die Messung der Batteriespannung ist die einzige einfache Messung, die eine Fehler- bzw. Abweichungsreaktion gestattet; es wird eine Anpassung der Batterieladungsableitung durchgeführt, weil keine Information über die Abweichungen in bezug auf andere Größen erhältlich ist. Um die Genauigkeit der Batterieladungsberechnungsvorrichtung zu erhöhen, sollten weitere Messungen erfolgen: Beispielsweise kann eine zweite Abweichungsreaktion durch eine Messung der Elektrolyttemperatur durchgeführt werden. Je mehr Information erhältlich ist, desto größer ist selbstverständlich die Genauigkeit der berechneten Werte.
- 2) Für die Auswahl der Abweichungsverstärkung sollte ein Kompromiß zwischen der Genauigkeit der Vorrichtung und der Antwortrate bzw. Reaktionsrate akzeptiert werden. Je größer die Verstärkung ist, desto höher ist die Reaktionsrate, aber um so größer ist auch der Fehler bei den berechneten Werten.

Im folgenden wird beispielhaft ein experimentell getesteter Betrieb der Vorrichtung entsprechend einer umsetzbaren Anordnung mit TTL-Technologie in bezug auf die Meß- und Steuerfunktionen in einem Photoelementsystm basierend auf dem elektrischen Ersatzschaltungsdiagramm in Fig. 2 erklärt.

Das Diagramm eines photovoltaischen bzw. Photoelementsystms mit Speicherbatterien ist in Fig. 6 dargestellt, wobei Photoelementzellen mit dem Bezugszeichen 12, das Zellenanschluß- und -unterbrechungssystem mit 14 und die Speicherbatterien mit 16, das Lastverbindungs- und -unterbrechungssystem mit 18 und die Last mit 20 dargestellt ist.

geschätzt werden. Die Spannungsabweichung wird dazu verwendet, die Ableitung bzw. das Derivativ der Modellladung zu modifizieren. Auf diese Weise konvergiert die berechnete Ladung asymptotisch auf einen Wert, welcher die Spannungsabweichung dazu bringt, gegen null zu tendieren.

Fig. 3 zeigt das vollständige Blockdiagramm der Batterieladeberechnungsvorrichtung, bei der sowohl die gemessenen Größen als auch die berechneten bzw. geschätzten Größen in dem Prozeß hervorgehoben sind. Die gestrichelten Blöcke stellen jeweils Folgendes dar:

- Block A: ein Meß- und Analog/Digital-Wandlersystem;
 - Block B: ein Off-line-Batterieparametermeßsystem;
 - Block C: ein Batterieladungsmeßsystem, welches eine Spannungsabweichung zuläßt;
 - Block D: Integration der dynamischen Gleichungen, welches die Kapazitäten des Batteriemodells und der thermischen Gleichung zuläßt;
 - Block E: Ausgang der berechneten Größen; wobei:
- T_d = die schnelle Zeitkonstante der elektrischen Dynamik der Batterie;
 - T_v = die langsame Zeitkonstante der elektrischen Dynamik der Batterie;
 - T = thermische Zeitkonstante;
 - $G_s(V_{AB}, \Theta)$ = die Leitfähigkeit des passiven Zweiges;
 - $R_p(Q, \Theta)$ = Ohmsche Widerstandsleitfähigkeit des aktiven Zweiges;
 - $R_d(Q, I_d, \Theta)$ = der Diffusionswiderstand;
 - $R_v(Q, I_v, \Theta)$ = der Polarisationswiderstand.

Die Gleichung der gewonnenen Ladungsveränderung lautet insbesondere wie folgt:

$$d\hat{Q}/dt = -\hat{I}_p - K_v(\hat{V}_{AB} - V_{AB})$$

wobei die mit dem Zeichen $\hat{}$ überschriebenen Größen durch das Batteriemodell geschätzt sind und K_v die Verstärkung der Span-

nungsabweichung bzw. des Spannungsfehlers ist. Falls die Spannungen in Volt (V) und die Ströme in Ampere (A) ausgedrückt sind, wird K , offensichtlich in A/V ausgedrückt. Bezüglich der Abweichungsreaktion werden die folgenden Überlegungen hervorgehoben:

- 1) Die Messung der Batteriespannung ist die einzige einfache Messung, die eine Fehler- bzw. Abweichungsreaktion gestattet; es wird eine Anpassung der Batterieladungsableitung durchgeführt, weil keine Information über die Abweichungen in bezug auf andere Größen erhältlich ist. Um die Genauigkeit der Batterieladungsberechnungsvorrichtung zu erhöhen, sollten weitere Messungen erfolgen: Beispielsweise kann eine zweite Abweichungsreaktion durch eine Messung der Elektrolyttemperatur durchgeführt werden. Je mehr Information erhältlich ist, desto größer ist selbstverständlich die Genauigkeit der berechneten Werte.
- 2) Für die Auswahl der Abweichungsverstärkung sollte ein Kompromiß zwischen der Genauigkeit der Vorrichtung und der Antwortrate bzw. Reaktionsrate akzeptiert werden. Je größer die Verstärkung ist, desto höher ist die Reaktionsrate, aber um so größer ist auch der Fehler bei den berechneten Werten.

Im folgenden wird beispielhaft ein experimentell getesteter Betrieb der Vorrichtung entsprechend einer umsetzbaren Anordnung mit TTL-Technologie in bezug auf die Meß- und Steuerfunktionen in einem Photoelementsystem basierend auf dem elektrischen Ersatzschaltungsdiagramm in Fig. 2 erklärt.

Das Diagramm eines photovoltaischen bzw. Photoelementsystems mit Speicherbatterien ist in Fig. 6 dargestellt, wobei Photoelementzellen mit dem Bezugszeichen 12, das Zellenanschluß- und -unterbrechungssystem mit 14 und die Speicherbatterien mit 16, das Lastverbindungs- und -unterbrechungssystem mit 18 und die Last mit 20 dargestellt ist.

Die Vorrichtung gemäß der Erfindung wird schematisch durch die Komponenten bzw. Bauelemente gebildet, welche in den Blöcken enthalten sind, die mit gestrichelten Linien umgeben sind. Die Vorrichtung enthält:

- eine Stromversorgungseinheit 22 (Analog-/Digitalwandler, der an die Speicherbatterie angeschlossen ist);
- eine Datensammeleinheit 24, welche durch nicht besonders komplizierte Sensoren Ströme, Spannungen und Temperaturen (sechs Größen insgesamt) erfaßt;
- eine Datenverarbeitungs- und -steuereinheit (Mikroprozessor) 26, die dazu ausgelegt ist, sowohl die elektrische Energie (in diesem Falle drosselt sie den Ausgang des Photoelementfeldes durch Steuerung von Zerhackereinrichtungen und Relais) als auch den Verbraucher durch Verbinden und Unterbrechen unterschiedlicher Lasten entsprechend unterschiedlicher Prioritäten zu steuern.

Während des Betriebes mißt die Vorrichtung kontinuierlich die elektrischen Eigenschaften der Speicherbatterien, die Spannung, den Strom und die Raumtemperatur. Die anderen drei Stromwerte in dem Verzweigungspunkt (Laststrom, Photoelementstrom und Insolation bzw. Sonnenbestrahlung) erlauben die Diagnose bzw. Vorhersage des korrekten Betriebs des Datensammlersystems.

Die Datensammeleinheit 24 ist eine Schnittstelle bzw. ein Interface zwischen den äußeren Sensoren, welche an dem Photoelementsystem plazierte sind, und der Datenverarbeitungseinheit 26. Jeder Meßkanal besitzt einen Präzisionsverstärker und einen linearen optischen Dekoppler, welcher an einen Analog-/Digitalwandler angeschlossen ist. Der Verstärker gestattet es, die Eingangssignale zu kalibrieren, und ist an den Umwandlungsbereich des Steuersystems angepaßt.

Erdungselemente des Steuersystems und des Gesamtsystems sind galvanisch durch eine optische Dekopplungseinrichtung getrennt, um jegliche Störung zu verhindern.

Die Berechnungs- und Steuereinheit 26, die auf einem Mikroprozessorsystem basiert, das mit einer MS-DOS-Umgebung (in diesem Falle einem INTEL 8088-Mikroprozessor mit einer Taktfrequenz von 4,77 MHz und einem 512 kB-Speicher) kompatibel ist, führt die Steuerung des Gesamtsystems, basierend auf bestimmten Größen. Auf diese Weise wird die Last stets mit der vorbestimmten Leistung unter Verwendung der maximalen Leistung, die von dem Photoelement-Generator abgegeben wird, versorgt und die Batterie dazu gebracht, sich niemals unterhalb eines vorbestimmten Pegels zu entladen, damit die Gebrauchsdauer der Batterie nicht vermindert wird.

Bei dem Betrieb des Systems arbeitet die Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung auf der Grundlage des in Fig. 7 gezeigten Blockdiagramms. In dieser Figur entspricht der durch gestrichelte Linien abgegrenzte Block 1 der Batterielade-Berechnungsvorrichtung und der Block 2 der Steuerlogik des Photoelementsystems. ρ ist die Entladerate der Batterie, ρ_{min} und ρ_{max} sind die Grenzwerte der Entladerate. Der Streifen PV zeigt eine anschließbare oder abnehmbare Photoelementzelle an. P_{PV} ist die Leistung, welche durch das photovoltaische System bzw. Photoelementsystem erzeugt wird. Nachdem die Eingangsparameter des Speicherbatteriemodells initialisiert sind, beginnt die Vorrichtung mit dem Auslesen des Speicherbatteriemodells als auch der Relativgrößen und konvertiert die Systemmeßwerte mittels eines A/D-Wandlers. Die Daten werden in das Computerprogramm relativ zu der Batterieladung und den anderen Parametern in der Bleispeicherbatterie eingespeist bzw. diesem zugeführt. Die Schätzung bzw. Berechnung der Speicherbatterieladung wird durchgeführt, indem man Differentialgleichungen, wie sie in dem in Fig. 5 gezeigten Flußdiagramm dargestellt sind, integriert. Wie aus dem Diagramm hervorgeht, erfolgt die Identifikation der Batterieparameter, bei der es sich um den ersten

Die Vorrichtung gemäß der Erfindung wird schematisch durch die Komponenten bzw. Bauelemente gebildet, welche in den Blöcken enthalten sind, die mit gestrichelten Linien umgeben sind. Die Vorrichtung enthält:

- eine Stromversorgungseinheit 22 (Analog-/Digitalwandler, der an die Speicherbatterie angeschlossen ist);
- eine Datensammeleinheit 24, welche durch nicht besonders komplizierte Sensoren Ströme, Spannungen und Temperaturen (sechs Größen insgesamt) erfaßt;
- eine Datenverarbeitungs- und -steuereinheit (Mikroprozessor) 26, die dazu ausgelegt ist, sowohl die elektrische Energie (in diesem Falle drosselt sie den Ausgang des Photoelementfeldes durch Steuerung von Zerhackereinrichtungen und Relais) als auch den Verbraucher durch Verbinden und Unterbrechen unterschiedlicher Lasten entsprechend unterschiedlicher Prioritäten zu steuern.

Während des Betriebes mißt die Vorrichtung kontinuierlich die elektrischen Eigenschaften der Speicherbatterien, die Spannung, den Strom und die Raumtemperatur. Die anderen drei Stromwerte in dem Verzweigungspunkt (Laststrom, Photoelementstrom und Insolation bzw. Sonnenbestrahlung) erlauben die Diagnose bzw. Vorhersage des korrekten Betriebs des Datensammlersystems.

Die Datensammeleinheit 24 ist eine Schnittstelle bzw. ein Interface zwischen den äußeren Sensoren, welche an dem Photoelementsystem platziert sind, und der Datenverarbeitungseinheit 26. Jeder Meßkanal besitzt einen Präzisionsverstärker und einen linearen optischen Dekoppler, welcher an einen Analog-/Digitalwandler angeschlossen ist. Der Verstärker gestattet es, die Eingangssignale zu kalibrieren, und ist an den Umwandlungsbereich des Steuersystems angepaßt.

Erdungselemente des Steuersystems und des Gesamtsystems sind galvanisch durch eine optische Dekopplungseinrichtung getrennt, um jegliche Störung zu verhindern.

Die Berechnungs- und Steuereinheit 26, die auf einem Mikroprozessorsystem basiert, das mit einer MS-DOS-Umgebung (in diesem Falle einem INTEL 8088-Mikroprozessor mit einer Taktfrequenz von 4,77 MHz und einem 512 kB-Speicher) kompatibel ist, führt die Steuerung des Gesamtsystems, basierend auf bestimmten Größen. Auf diese Weise wird die Last stets mit der vorbestimmten Leistung unter Verwendung der maximalen Leistung, die von dem Photoelement-Generator abgegeben wird, versorgt und die Batterie dazu gebracht, sich niemals unterhalb eines vorbestimmten Pegels zu entladen, damit die Gebrauchsdauer der Batterie nicht vermindert wird.

Bei dem Betrieb des Systems arbeitet die Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung auf der Grundlage des in Fig. 7 gezeigten Blockdiagramms. In dieser Figur entspricht der durch gestrichelte Linien abgegrenzte Block 1 der Batterielade-Berechnungsvorrichtung und der Block 2 der Steuerlogik des Photoelementsystems. p ist die Entladerate der Batterie, p_{min} und p_{max} sind die Grenzwerte der Entladerate. Der Streifen PV zeigt eine anschließbare oder abnehmbare Photoelementzelle an. P_{pv} ist die Leistung, welche durch das photovoltaische System bzw. Photoelementsystem erzeugt wird. Nachdem die Eingangsparameter des Speicherbatteriemodells initialisiert sind, beginnt die Vorrichtung mit dem Auslesen des Speicherbatteriemodells als auch der Relativgrößen und konvertiert die Systemmeßwerte mittels eines A/D-Wandlers. Die Daten werden in das Computerprogramm relativ zu der Batterieladung und den anderen Parametern in der Bleispeicherbatterie eingespeist bzw. diesem zugeführt. Die Schätzung bzw. Berechnung der Speicherbatterieladung wird durchgeführt, indem man Differentialgleichungen, wie sie in dem in Fig. 5 gezeigten Flußdiagramm dargestellt sind, integriert. Wie aus dem Diagramm hervorgeht, erfolgt die Identifikation der Batterieparameter, bei der es sich um den ersten

Schritt handelt, off-line durch dynamische Tests und Entladetests, bevor das System gestartet wird. Die Parameter können erneut während der Wartungsperioden des Systems, an dem die Berechnungsvorrichtung angeschlossen ist, berechnet werden.

Zweiter Schritt: Die Größen V , I , die an den Batterieanschlüssen gemessen werden, sowie die Raumtemperatur werden mit einer Abtastzeit T abgetastet, wobei die Abtastzeit T für den Mikroprozessor zur Ausführung der Berechnung ausreichend ist.

Dritter Schritt: Berechnung der Abweichung zwischen der gemessenen Spannung V und der berechneten bzw. geschätzten Spannung \hat{V} . Falls eine Messung der Elektrolyttemperatur möglich ist, kann auch die Abweichung zwischen der gemessenen Elektrolyttemperatur θ und der berechneten Elektrolyttemperatur $\hat{\theta}$ berechnet werden.

Vierter Schritt: Integration der Modellgleichungen durch Einführen eines Korrigierfaktors in Abhängigkeit von der zuvor berechneten Abweichung. Der Korrigierfaktor erhöht oder vermindert den Strom I_p , welcher entlang des aktiven Zweiges des Batteriemodells fließt. Die Größen \hat{V} , $\hat{\theta}$, \hat{Q} zum Zeitpunkt $t + T$ werden auf diese Weise berechnet.

Fünfter Schritt: Der Meß- und Berechnungszyklus wird erneut zum Zeitpunkt $t = t + T$ gestartet.

Sobald die Speicherbatterieladung auf der Grundlage der anfänglich vorbestimmten Bedingungen relativ zu der Minimal- und Maximalladung, der Priorität der verschiedenen Lasten und dem optimalen Arbeitspunkt der verschiedenen Subsysteme berechnet ist, arbeitet die Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung derart, daß sie die Lasten abschaltet, die Stromversorgung drosselt und unter Grenzbedingungen (die Batterie ist zu stark entladen) die Stromversorgung unterbricht.

In diesem spezifischen Falle wurde die Verwendung der Spei-

20.03.99

- 15 -

cherbatterien als auch die Gesamteffizienz des Systems verbessert, und eine Batterieladung-Berechnungsabweichung von ungefähr 3% wurde erreicht, die bisher von keinem bekannten System erreicht wurde.

Wie oben bereits erwähnt, kann die Erfindung sowohl bei beweglichen als auch stationären Anwendungen verwendet werden, die Blei-Speicherbatterien benutzen. Sie kann insbesondere bei elektrischem Zug, bei Systemen mit wiederaufladbaren Spannungsquellen und im elektrischen Netzwerk-Lastausgleich nützlich sein. Die Erfindung gestattet es in der Tat, den Entwurf, den Umgang und den Gebrauch des Speicherbatterie-Subsystems als auch des Gesamtsystems zu optimieren mit beträchtlichen energetischen und ökonomischen Vorteilen.

Schritt handelt, off-line durch dynamische Tests und Entladetests, bevor das System gestartet wird. Die Parameter können erneut während der Wartungsperioden des Systems, an dem die Berechnungsvorrichtung angeschlossen ist, berechnet werden.

Zweiter Schritt: Die Größen V , I , die an den Batterieanschlüssen gemessen werden, sowie die Raumtemperatur werden mit einer Abtastzeit T abgetastet, wobei die Abtastzeit T für den Mikroprozessor zur Ausführung der Berechnung ausreichend ist.

Dritter Schritt: Berechnung der Abweichung zwischen der gemessenen Spannung V und der berechneten bzw. geschätzten Spannung \hat{V} . Falls eine Messung der Elektrolyttemperatur möglich ist, kann auch die Abweichung zwischen der gemessenen Elektrolyttemperatur θ und der berechneten Elektrolyttemperatur $\hat{\theta}$ berechnet werden.

Vierter Schritt: Integration der Modellgleichungen durch Einführen eines Korrigierfaktors in Abhängigkeit von der zuvor berechneten Abweichung. Der Korrigierfaktor erhöht oder vermindert den Strom I_p , welcher entlang des aktiven Zweiges des Batteriemodells fließt. Die Größen \hat{V} , $\hat{\theta}$, \hat{Q} zum Zeitpunkt $t + T$ werden auf diese Weise berechnet.

Fünfter Schritt: Der Meß- und Berechnungszyklus wird erneut zum Zeitpunkt $t = t + T$ gestartet.

Sobald die Speicherbatterieladung auf der Grundlage der anfänglich vorbestimmten Bedingungen relativ zu der Minimal- und Maximalladung, der Priorität der verschiedenen Lasten und dem optimalen Arbeitspunkt der verschiedenen Subsysteme berechnet ist, arbeitet die Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung derart, daß sie die Lasten abschaltet, die Stromversorgung drosselt und unter Grenzbedingungen (die Batterie ist zu stark entladen) die Stromversorgung unterbricht.

In diesem spezifischen Falle wurde die Verwendung der Spei-

23.03.99

- 15 -

cherbatterien als auch die Gesamteffizienz des Systems verbessert, und eine Batterieladung-Berechnungsabweichung von ungefähr 3% wurde erreicht, die bisher von keinem bekannten System erreicht wurde.

Wie oben bereits erwähnt, kann die Erfindung sowohl bei beweglichen als auch stationären Anwendungen verwendet werden, die Blei-Speicherbatterien benutzen. Sie kann insbesondere bei elektrischem Zug, bei Systemen mit wiederaufladbaren Spannungsquellen und im elektrischen Netzwerk-Lastausgleich nützlich sein. Die Erfindung gestattet es in der Tat, den Entwurf, den Umgang und den Gebrauch des Speicherbatterie-Subsystems als auch des Gesamtsystems zu optimieren mit beträchtlichen energetischen und ökonomischen Vorteilen.

Europäische Patentanmeldung Nr. 92830128.2

Anmelder: Ente per le nuove tecnologie, l'energia e l'ambiente
(ENEA)

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Verfahren zur Bestimmung des Ladezustandes von elektrochemischen Säure-Speicherbatterien, wobei das Verfahren die folgende Schritte aufweist:
Einführen der gemessenen Spannung, des Stromes, der Raumtemperatur, bei welcher die Batterie installiert ist, sowie der geschätzten Elektrolyttemperatur als Funktion der Raumtemperatur in einem dynamischen Modell der Batterie unter Verwendung eines Systems, das aus vier miteinander verbundenen zu integrierenden Differentialgleichungen besteht, wobei das Modell durch eine elektrische Ersetzschaltung zur Simulation des Ladens und/oder des Entladens und der Gasbildung dargestellt wird,
Korrigieren der Modelldynamik durch die negative Rückkopplung des differentiellen Fehlersignals zwischen der gemessenen Spannung und der geschätzten Spannung, die aus der Simulation in Echtzeit erhalten wird,
direktes Verändern der Ableitung der Ladung des Modells entsprechend der Gleichung:

$$\frac{d\hat{Q}}{dt} = -\hat{I}_p + K_v(\hat{V}_{AB} - V_{AB})$$

wobei die Größen, welche das Zeichen $\hat{}$ aufweisen, mittels des Batteriemodells geschätzt werden, \hat{I}_p der Strom ist, welcher entlang des Hauptzweiges der beiden Zweige des Modelles fließt, und K_v die Verstärkung des Differenzspannungssignals ist.

2. Verfahren zur Bestimmung des Ladezustandes von elektrochemischen Speicherbatterien nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Eingangsparameter des Speicherbatteriemodells auf der Grundlage der gemessenen Parameter der getesteten Speicherbatterie initialisiert werden.
3. Verfahren zur Bestimmung des Ladezustandes von elektrochemischen Speicherbatterien nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Messung der Elektrolyttemperatur ebenfalls vorgesehen ist.
4. Verfahren zur Einschätzung des Ladezustandes von elektrochemischen Speicherbatterien nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Werte der Direktmessungen der Batteriespannung, des Stromes und der Raumtemperatur und gegebenenfalls auch der Elektrolyttemperatur durch einen Analog-Digital-Wandler konvertiert werden.
5. Verfahren zur Bestimmung des Ladezustandes elektrochemischer Speicherbatterien nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Datenverarbeitung der konvertierten Daten in einem Mikroprozessorsystem durch eine Software erfolgt, die dazu ausgelegt ist den Bestimmungswert der Speicher-Batterieladung, der internen Temperatur der Speicherbatterie, der "Lebens-" bedingungen der Batterie, den Elektrolytpegel für diejenigen Speicherbatterien, bei dem der Elektrolyt aufgrund von Sekundärreaktionen verbraucht wird, und ein informationstragendes Signal für eine be-

Europäische Patentanmeldung Nr. 92830128.2

Anmelder: Ente per le nuove tecnologie, l'energia e l'ambiente
(ENEA)

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Verfahren zur Bestimmung des Ladezustandes von elektrochemischen Säure-Speicherbatterien, wobei das Verfahren die folgende Schritte aufweist:
Einführen der gemessenen Spannung, des Stromes, der Raumtemperatur, bei welcher die Batterie installiert ist, sowie der geschätzten Elektrolyttemperatur als Funktion der Raumtemperatur in einem dynamischen Modell der Batterie unter Verwendung eines Systems, das aus vier miteinander verbundenen zu integrierenden Differentialgleichungen besteht, wobei das Modell durch eine elektrische Ersatzschaltung zur Simulation des Ladens und/oder des Entladens und der Gasbildung dargestellt wird,
Korrigieren der Modelldynamik durch die negative Rückkopplung des differentiellen Fehlersignals zwischen der gemessenen Spannung und der geschätzten Spannung, die aus der Simulation in Echtzeit erhalten wird,
direktes Verändern der Ableitung der Ladung des Modells entsprechend der Gleichung:

$$\frac{d\hat{Q}}{dt} = -\hat{I}_p + K_v(\hat{V}_{AB} - V_{AB})$$

wobei die Größen, welche das Zeichen $\hat{}$ aufweisen, mittels des Batteriemodells geschätzt werden, \hat{I}_p der Strom ist, welcher entlang des Hauptzweiges der beiden Zweige des Modelles fließt, und K_v die Verstärkung des Differenzspannungssignals ist.

2. Verfahren zur Bestimmung des Ladezustandes von elektrochemischen Speicherbatterien nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Eingangsparameter des Speicherbatteriemodells auf der Grundlage der gemessenen Parameter der getesteten Speicherbatterie initialisiert werden.
3. Verfahren zur Bestimmung des Ladezustandes von elektrochemischen Speicherbatterien nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Messung der Elektrolyttemperatur ebenfalls vorgesehen ist.
4. Verfahren zur Einschätzung des Ladezustandes von elektrochemischen Speicherbatterien nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Werte der Direktmessungen der Batteriespannung, des Stromes und der Raumtemperatur und gegebenenfalls auch der Elektrolyttemperatur durch einen Analog-Digital-Wandler konvertiert werden.
5. Verfahren zur Bestimmung des Ladezustandes elektrochemischer Speicherbatterien nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Datenverarbeitung der konvertierten Daten in einem Mikroprozessorsystem durch eine Software erfolgt, die dazu ausgelegt ist den Bestimmungswert der Speicher-Batterieladung, der internen Temperatur der Speicherbatterie, der "Lebens-" bedingungen der Batterie, den Elektrolytpegel für diejenigen Speicherbatterien, bei dem der Elektrolyt aufgrund von Sekundärreaktionen verbraucht wird, und ein informationstragendes Signal für eine be-

liebige Steuer- und Signalinformation bezüglich eines Versagens zu liefern.

6. Vorrichtung zur Bestimmung des Ladezustandes von elektrochemischen Säure-Speicherbatterien, welcher die Batteriespannung, den Strom und die Raumtemperatur, bei welcher die Speicherbatterie installiert ist, mißt, dadurch gekennzeichnet, daß sie einen Mikroprozessor (6) enthält, welcher das Verfahren zur Bestimmung des Speicherbatterieladezustandes gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5 verwendet.
7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß ein Bearbeitung- und A/D-Wandler-System (5) für die von den Meßwertwandlern (1, 2, 3) ausgehenden Signale zwischen dem Mikroprozessor (6) und den Meßwertwandlern (1, 2, 3) angeschlossen ist.
8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Mikroprozessor und das Bearbeitungssystem bzw. Konditioniersystem durch eine Stromversorgungskonditioniereinrichtung versorgt werden, die ihrerseits durch die Speicherbatterie versorgt wird.
9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Mikroprozessor neben der Lieferung des Bestimmungswertes der Speicherbatterieladung in Echtzeit dazu ausgelegt ist eine Sequenz von Informationen relativ zu den Betriebsdaten der Speicherbatterie zu liefern.
10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 9, dadurch gekennzeichnet,

daß die Information und/oder Signale neben der Information zur Steuerung der Stromversorgung und einer Stromversorgungs-Konditioniereinrichtung und für die Signalisierung eines Versagens die interne Temperatur, die "Lebens-" zustände der Speicherbatterie enthalten.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß das Datenverarbeitungs- und Berechnungssystem derart arbeitet, daß die Lasten abgeschaltet werden, die Stromversorgung gedrosselt wird und im Falle einer zu stark geladenen Batterie auf der Grundlage der anfänglich vorbestimmten Zustände relativ zu der minimalen und maximalen Batterieladung, der Priorität der verschiedenen Lasten und des optimalen Arbeitspunktes der verschiedenen Subsysteme die Stromversorgung unterbrochen wird.

liebigen Steuer- und Signalinformation bezüglich eines Versagens zu liefern.

6. Vorrichtung zur Bestimmung des Ladezustandes von elektrochemischen Säure-Speicherbatterien, welcher die Batteriespannung, den Strom und die Raumtemperatur, bei welcher die Speicherbatterie installiert ist, mißt, dadurch gekennzeichnet, daß sie einen Mikroprozessor (6) enthält, welcher das Verfahren zur Bestimmung des Speicherbatterieladezustandes gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5 verwendet.
7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß ein Bearbeitungs- und A/D-Wandler-System (5) für die von den Meßwertwandlern (1, 2, 3) ausgehenden Signale zwischen dem Mikroprozessor (6) und den Meßwertwandlern (1, 2, 3) angeschlossen ist.
8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Mikroprozessor und das Bearbeitungssystem bzw. Konditioniersystem durch eine Stromversorgungskonditioniereinrichtung versorgt werden, die ihrerseits durch die Speicherbatterie versorgt wird.
9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Mikroprozessor neben der Lieferung des Bestimmungswertes der Speicherbatterieladung in Echtzeit dazu ausgelegt ist eine Sequenz von Informationen relativ zu den Betriebsdaten der Speicherbatterie zu liefern.
10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 9, dadurch gekennzeichnet,

23.03.99

- 4 -

daß die Information und/oder Signale neben der Information zur Steuerung der Stromversorgung und einer Stromversorgungs-Konditioniereinrichtung und für die Signalisierung eines Versagens die interne Temperatur, die "Lebens-" zustände der Speicherbatterie enthalten.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß das Datenverarbeitungs- und Berechnungssystem derart arbeitet, daß die Lasten abgeschaltet werden, die Stromversorgung gedrosselt wird und im Falle einer zu stark geladenen Batterie auf der Grundlage der anfänglich vorbestimmten Zustände relativ zu der minimalen und maximalen Batterieladung, der Priorität der verschiedenen Lasten und des optimalen Arbeitspunktes der verschiedenen Subsysteme die Stromversorgung unterbrochen wird.

0505333

1/6

200000

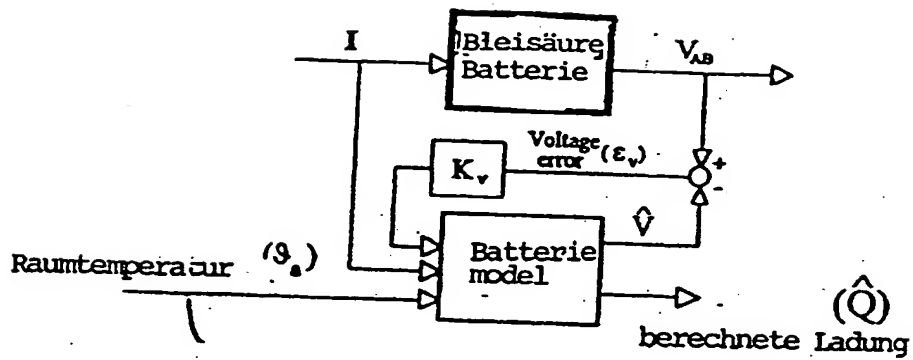


FIG.1

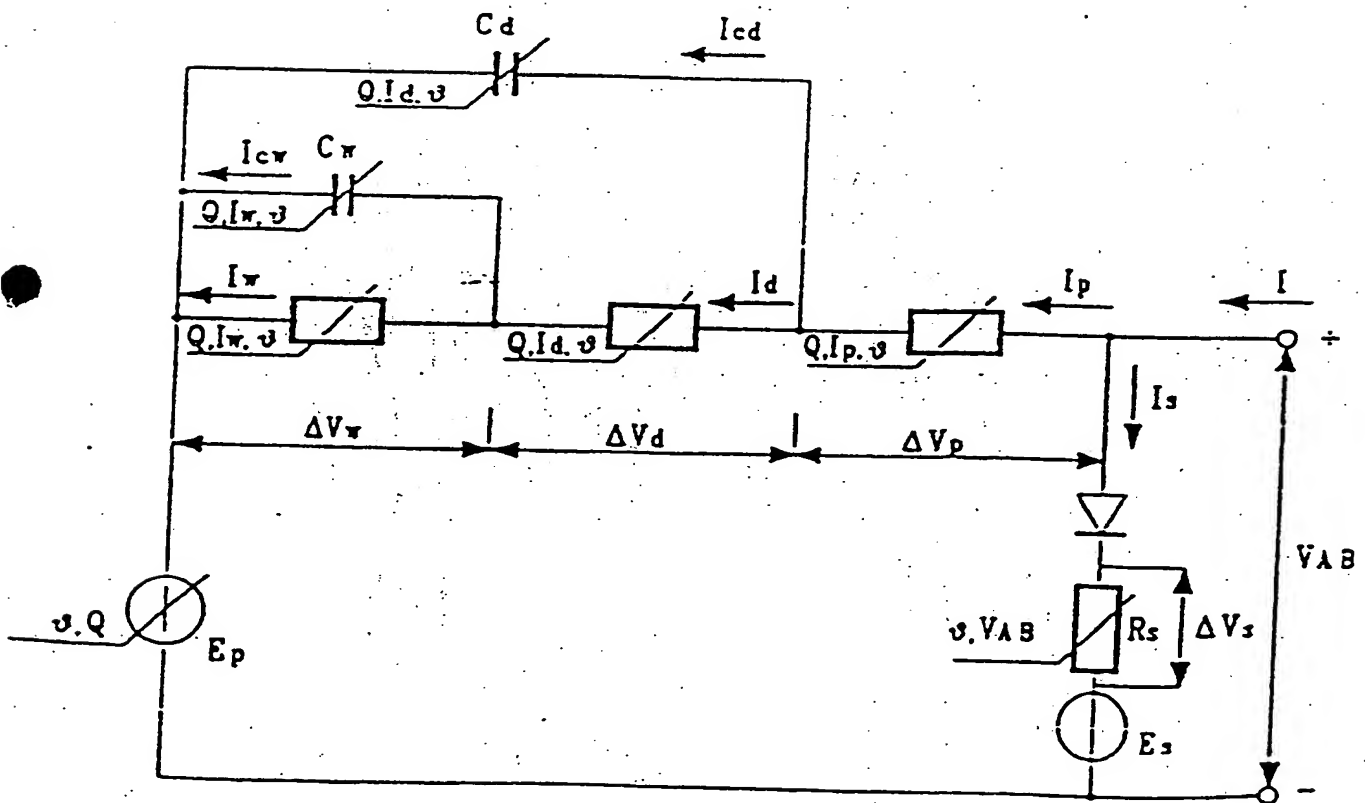


FIG.2



0505333

1/6

200099

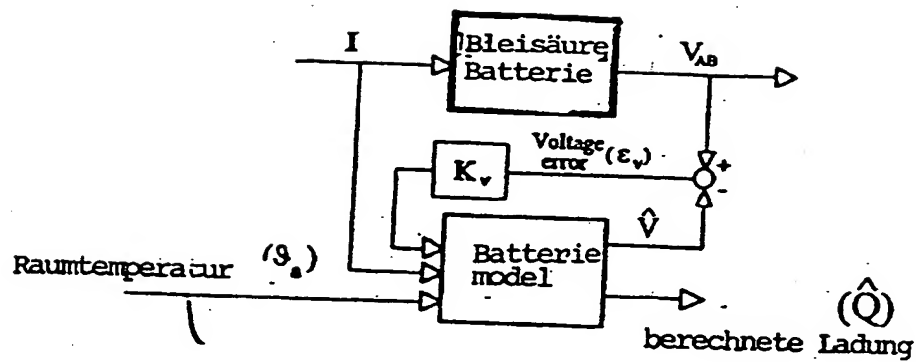


FIG. 1

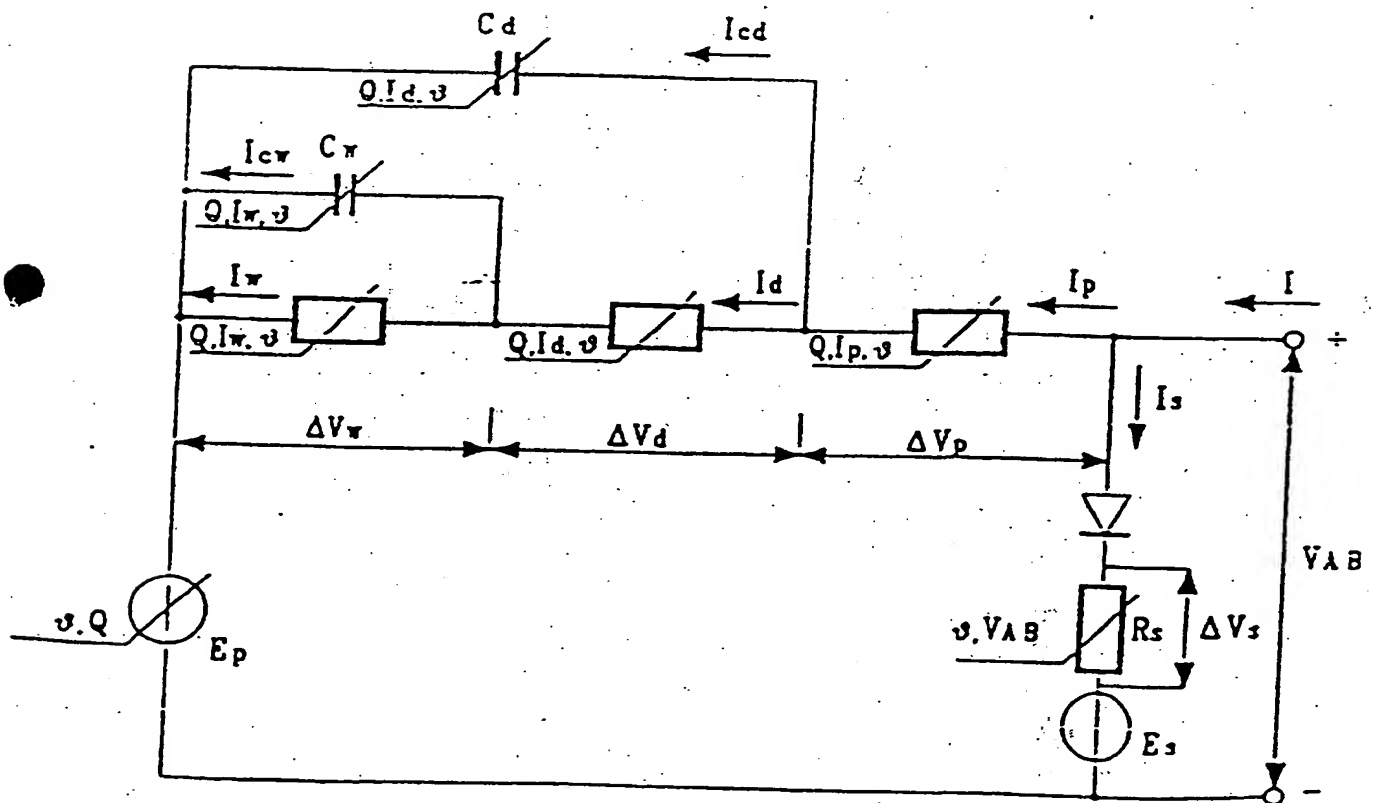


FIG. 2

2003-99

2/6

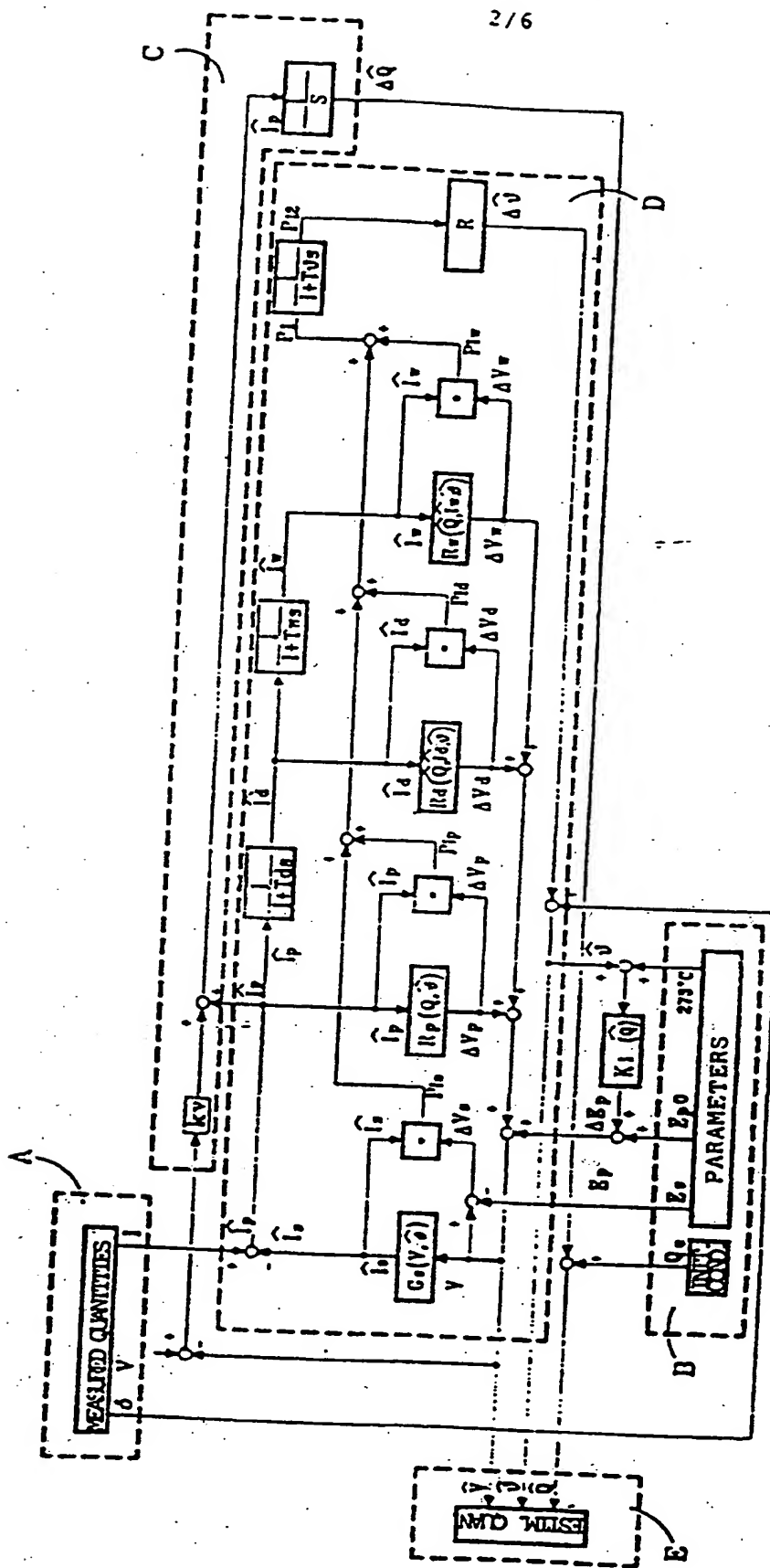
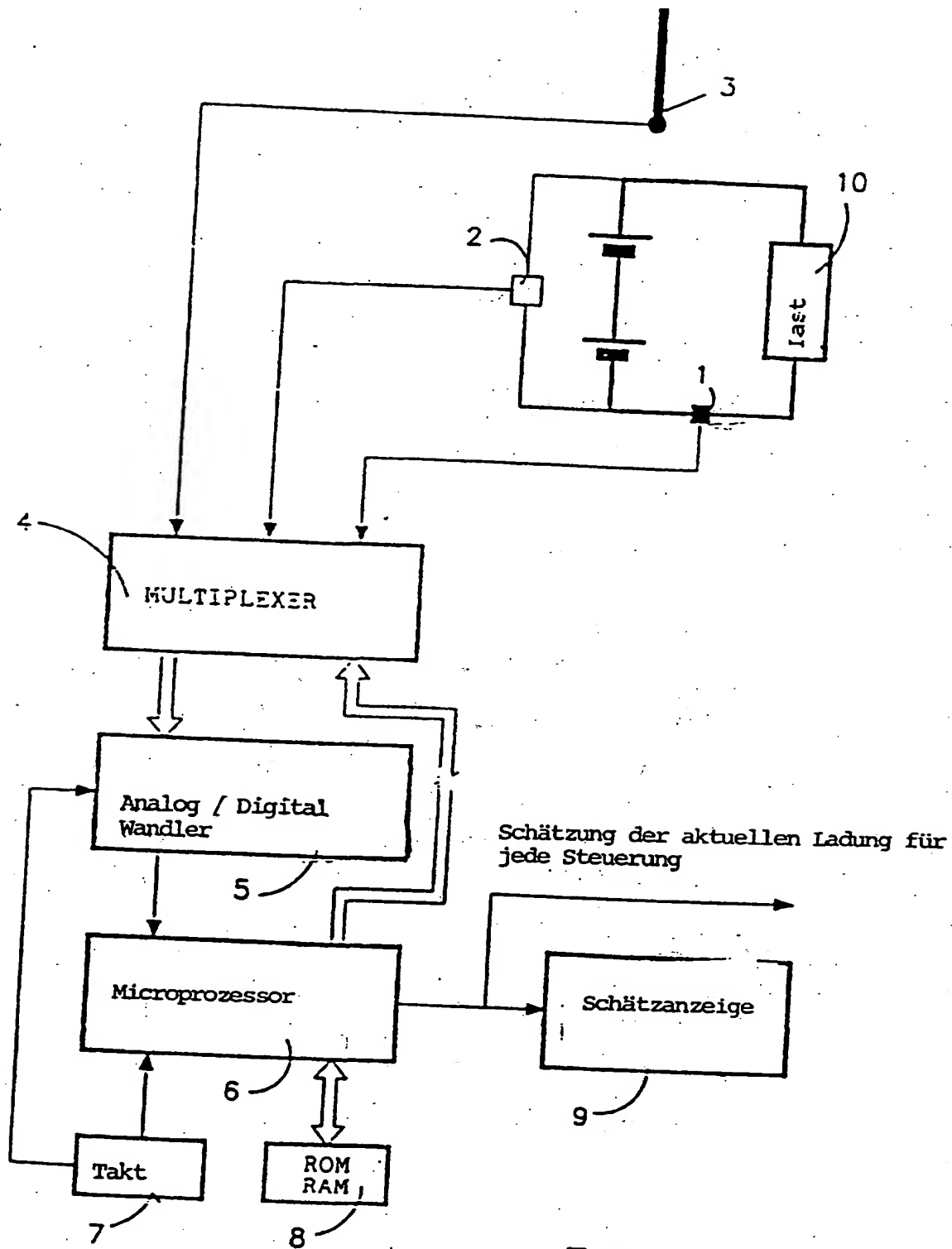
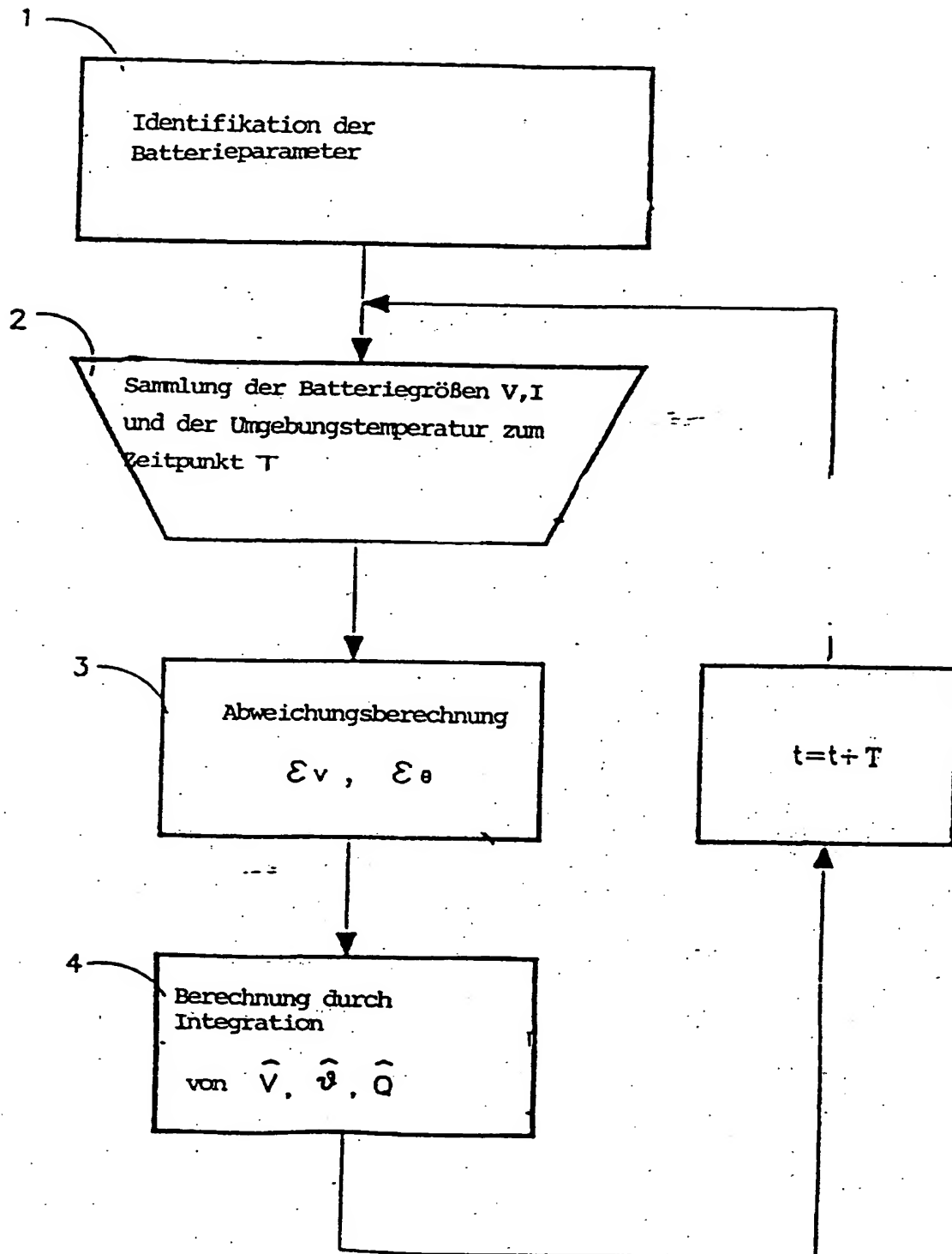


FIG.3

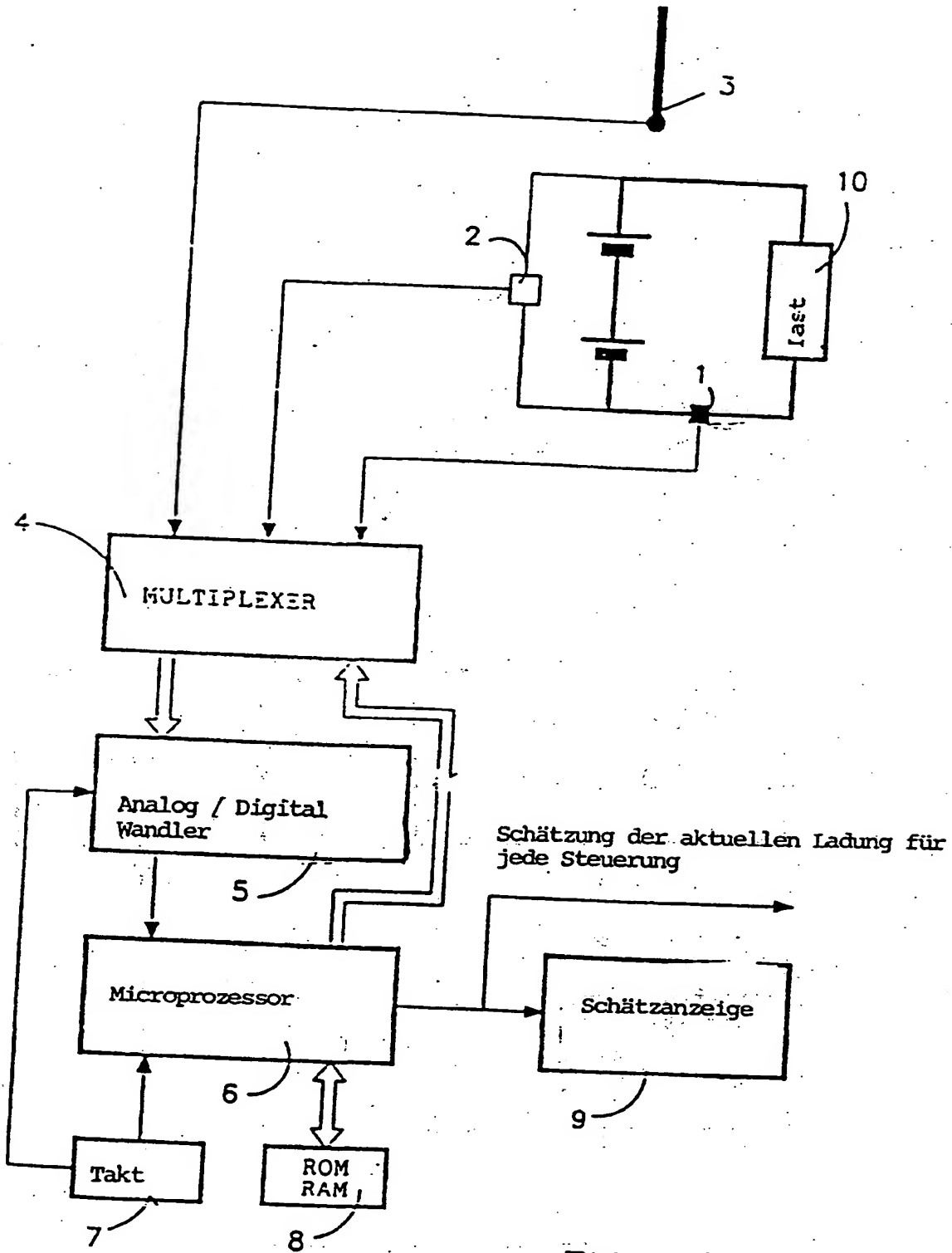
23.03.99

FIG.4

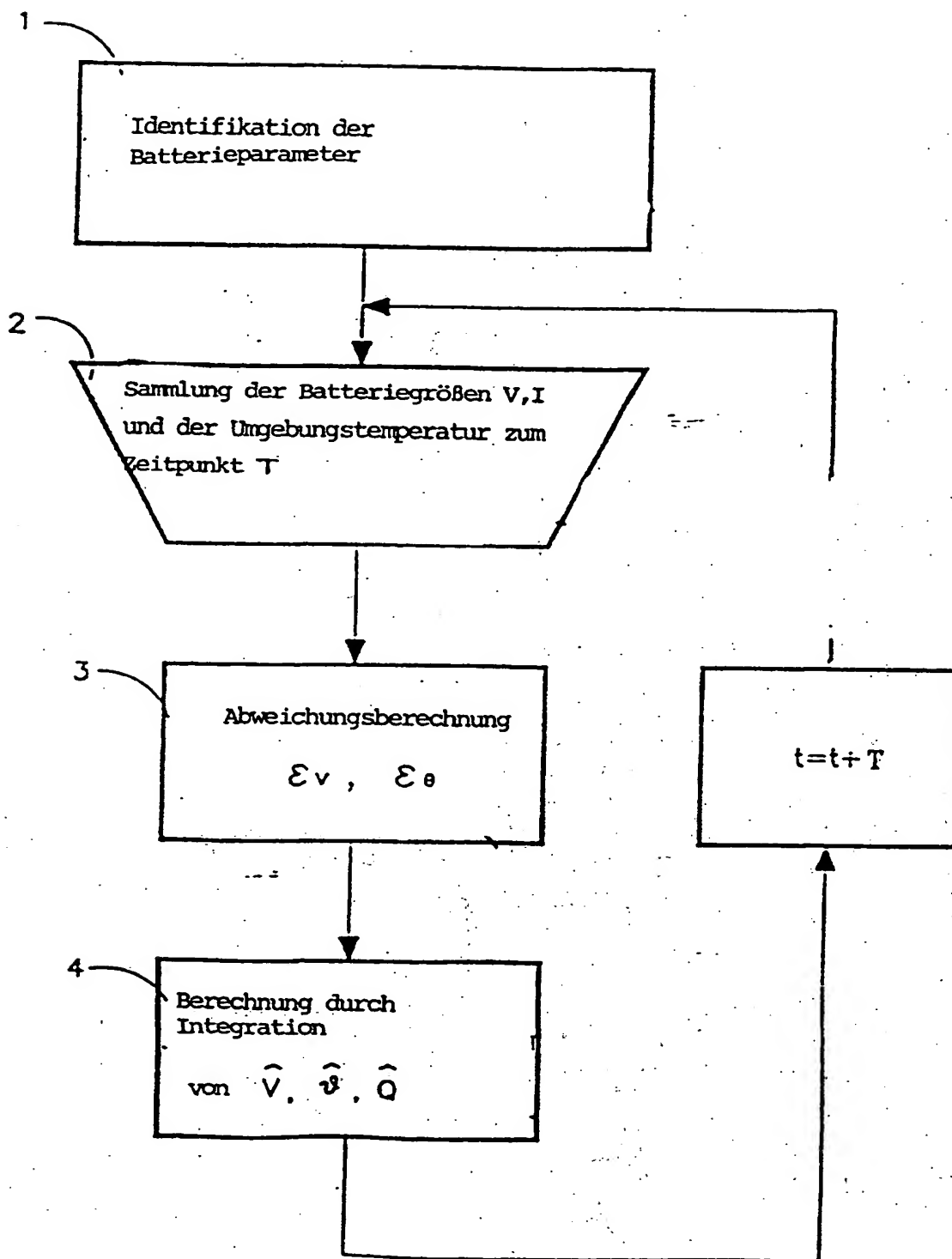
23.03.99

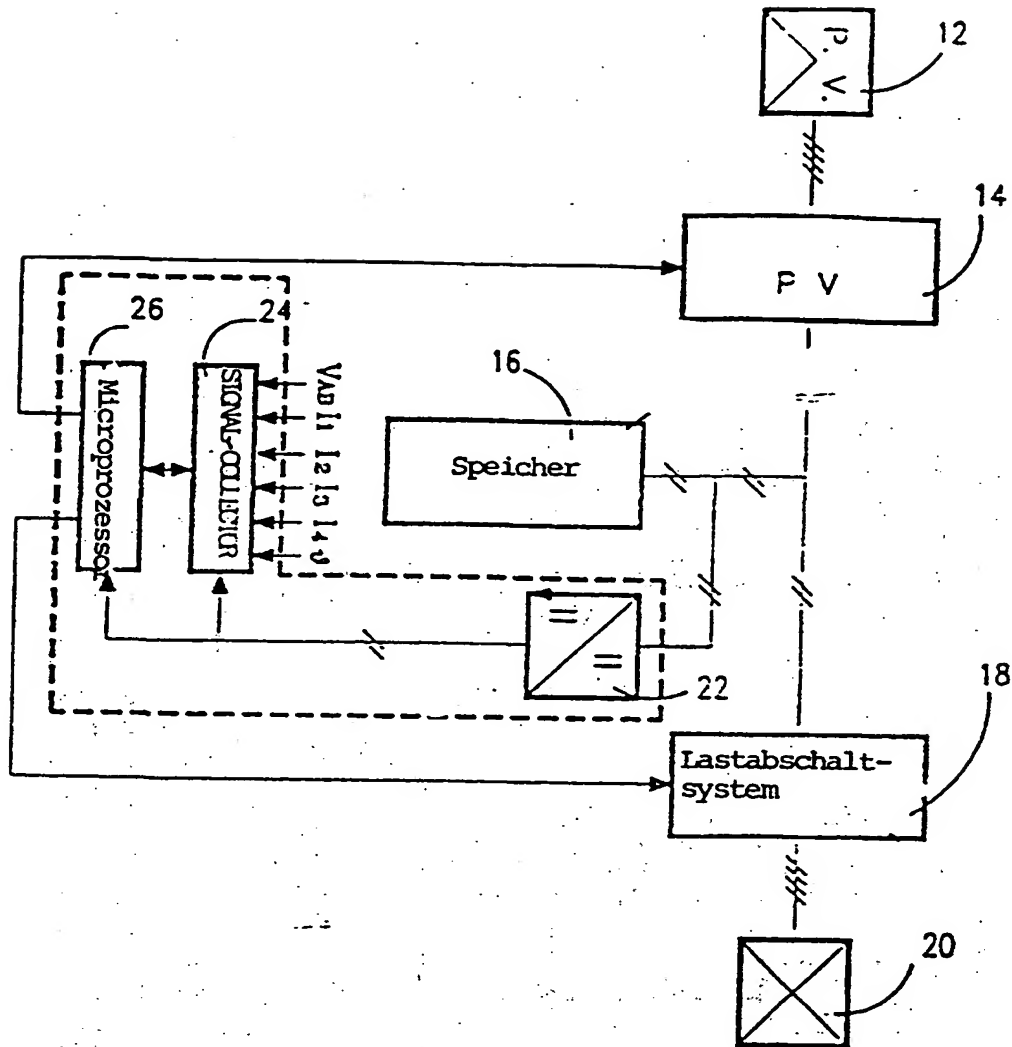
FIG.5

23.10.99

FIG.4

23.03.99

FIG.5

FIG. 6

23.03.99

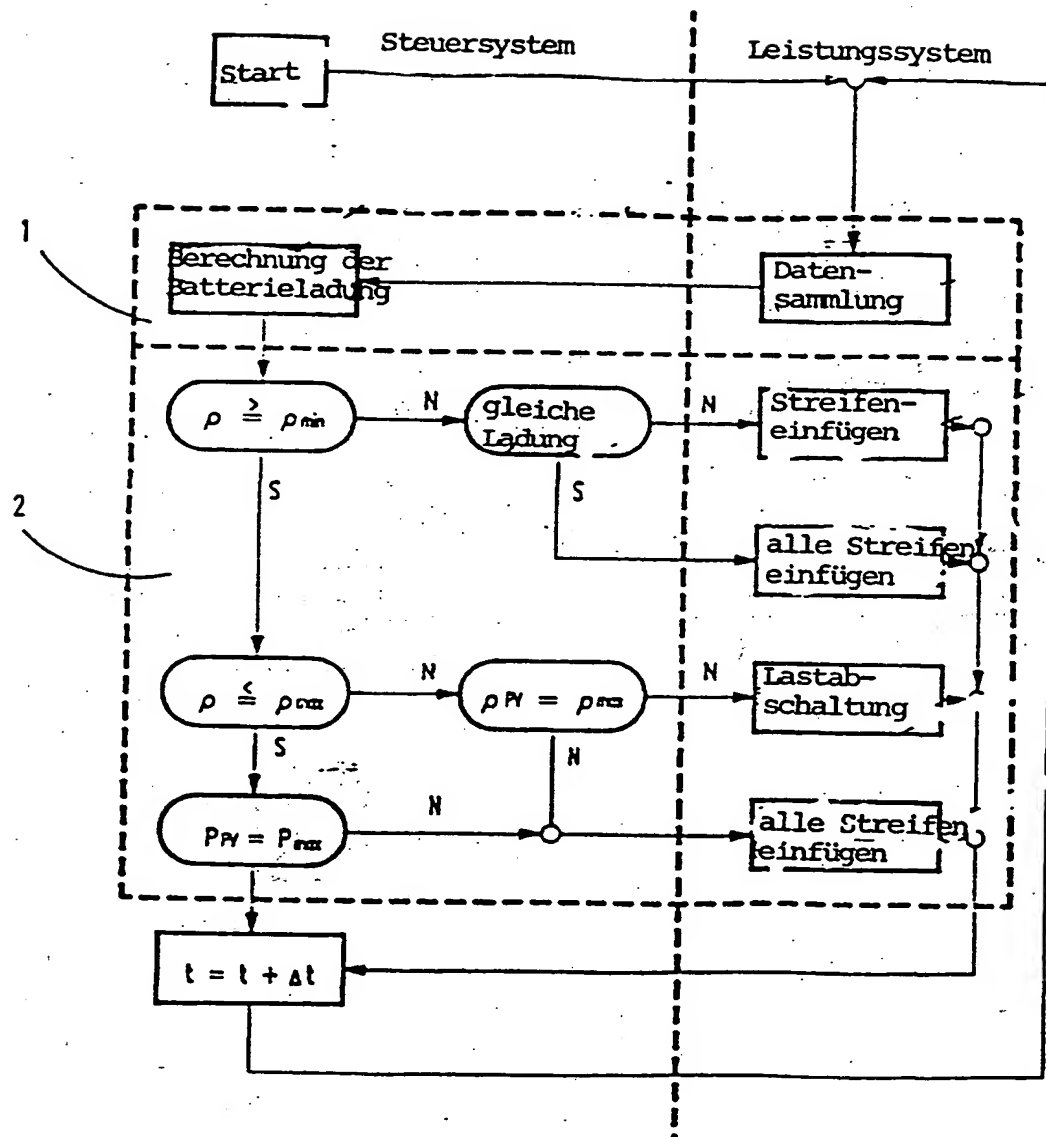


FIG.7

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.